

БОЙКО СЕРГІЙНаціонального університету «Запорізька політехніка»
<https://orcid.org/0000-0001-9778-2202>
e-mail: kafedra_tt@zp.edu.ua**ВИШНЕВСЬКИЙ СВЯТОСЛАВ**Вінницький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0002-2159-603X>
e-mail: vyshnevskiy.s.y@vntu.edu.ua**ПОЛІЩУК ПЕТРО**Виробничий підрозділ «Локомотивне депо Одеса-Сортувальна» АТ «Укрзалізниця»
<https://orcid.org/0009-0004-6545-9944>
e-mail: vyshnevskiy.s.y@vntu.edu.ua**ЛАПІНА ОЛЕКСАНДРА**Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ
<https://orcid.org/0000-0002-2159603X>
e-mail: lapinasacha@ukr.net**ГВОЗДІК СТАНІСЛАВ**Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ
<https://orcid.org/0000-0002-5754-2949>
e-mail: Stasgvozdik67@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТА АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ В АСПЕКТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ

Магістральний залізничний транспорт займає вагомe місце у сфері вітчизняних вантажних та пасажирських перевезень. Натомість залізничний транспорт є споживачем як палива так і електричної енергії. Електрифікація магістральних залізниць наближає Україну до успішного виконання програми декарбонізації та екологізації у сфері транспорту. Між тим, підвищується залежність електрифікованого залізничного транспорту від постачання електричної енергії, що впливає на безпеку перевезень, своєчасність та надійність доставлення вантажу. В аспекті інтелектуалізації на залізничному транспорті впроваджуються сучасні цифрові та телекомунікаційні технології, котрі потребують надійного та якісного електропостачання. З цієї метою, у низці наукових досліджень розглядається можливість і робляться конкретні пропозиції щодо включення в діючі мережі електропостачання рухомого складу джерел розосередженої генерації у тому числі на базі відновлюваних джерел електричної енергії, зокрема вітрогенераторів, сонячних батарей або їх гібридні комбінації. Такі рішення дозволяють забезпечити надійне електропостачання відповідальних електроприймачів рухомого складу таким чином забезпечивши надійність функціонування залізничного транспорту. У той же час, активно впроваджуються нові принципи взаємодії різних видів транспорту. Одним із них є взаємодія залізничного та авіаційного транспорту. Авіаційний транспорт на сьогоднішній день представлений пілотованими повітряними суднами та безпілотними літальними апаратами. Запропоноване авторами бачення щодо вдосконалення існуючих систем електропостачання в аспекті декарбонізації та інтелектуалізації залізничної інфраструктури має на меті підтримання достатньо високого рівня безпечної взаємодії залізничного з іншими видами транспорту у тому числі авіаційного транспорту. Підвищення рівня безпеки на залізничному транспорті досягається за рахунок впровадження нових технологій з метою моніторингу стану залізничної інфраструктури шляхом впровадження безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: електроспоживання, електропостачання, залізничний транспорт, безпілотні літальні апарати, розосереджена генерація.

BOIKO SERGEY

National University "Zaporizhzhia Polytechnic"

VYSHNEVS'KYY SVIATOSLAV

Vinnytsia National Technical University

PETRO POLISHCHUK

Production unit "Locomotive Depot Odesa-Sortuvalna" JSC "Ukrzaliznytsia"

LAPINA OLEXANDRA**GVOZDIK STANISLAV**

Kharkiv National University of Internal Affairs Kharkiv UA, Kremenchuk flight college

PERSPECTIVES OF THE INTERACTION OF RAILWAY AND AIR TRANSPORT IN THE ASPECT OF DECARBONIZATION AND INTELLECTUALIZATION

Main railway transport occupies an important place in the field of domestic freight and passenger transport. On the other hand, railway transport is a consumer of both fuel and electrical energy. The electrification of main railways brings Ukraine closer to the successful implementation of the program of decarbonization and greening in the field of transport. Meanwhile, the dependence of electrified railway transport on the supply of electrical energy is increasing, which affects the safety of transportation, timeliness and reliability of cargo delivery. In terms of intellectualization, modern digital and telecommunication technologies are being implemented in railway transport, which require reliable and high-quality power supply. For this purpose, a number of scientific studies consider the possibility and make specific proposals regarding the inclusion of sources of distributed generation, including on the basis of renewable sources of electrical energy, in particular wind generators, solar batteries or their hybrid combinations. Such solutions make it possible to ensure a reliable power supply of the responsible electric receivers of the rolling stock, thereby ensuring the reliability of the operation of railway transport. At the same time, new principles of interaction between different types of transport are being actively implemented. One of them is the interaction of railway and air transport. Aviation transport today is

represented by manned aircraft and unmanned aerial vehicles. The vision proposed by the authors regarding the improvement of the existing power supply systems in the aspect of decarbonization and intellectualization of the railway infrastructure is aimed at maintaining a sufficiently high level of safe interaction of the railway with other types of transport, including air transport. Increasing the level of safety in railway transport is achieved due to the introduction of new technologies for the purpose of monitoring the state of the railway infrastructure through the introduction of unmanned aerial vehicles.

Key words: electricity consumption, electricity supply, railway transport, unmanned aerial vehicles, distributed generation.

Вступ. Магістральний залізничний транспорт займає вагоме місце у сфері вітчизняних вантажних та пасажирських перевезень. Натомість залізничний транспорт є споживачем як палива так і електричної енергії. Електрифікація магістральних залізниць наближає Україну до успішного виконання програми декарбонізації та екологізації у сфері транспорту. Між тим, підвищується залежність електрифікованого залізничного транспорту від постачання електричної енергії, що впливає на безпеку перевезень, своєчасність та надійність доставлення вантажу [1].

В аспекті інтелектуалізації на залізничному транспорті впроваджуються сучасні цифрові та телекомунікаційні технології, котрі потребують надійного та якісного електропостачання [2].

З цією метою, у низці наукових досліджень розглядається можливість і робляться конкретні пропозиції щодо включення в діючі мережі електропостачання рухомого складу джерел розосередженої генерації у тому числі на базі відновлюваних джерел електричної енергії, зокрема вітрогенераторів, сонячних батарей або їх гібридні комбінації [8]. Такі рішення дозволяють забезпечити надійне електропостачання відповідальних електроприймачів рухомого складу таким чином забезпечивши надійність функціонування залізничного транспорту.

У той же час, активно впроваджуються нові принципи взаємодії різних видів транспорту. Одним із них є взаємодія залізничного та авіаційного транспорту. Авіаційний транспорт на сьогоднішній день представлений пілотованими повітряними суднами та безпілотними літальними апаратами.

Пілотовані повітряні судна різних типів мають можливість взаємодіяти із залізничним транспортом в умовах інфраструктури аеропортів шляхом вдосконалення їх інфраструктури.

У той же час, сфери застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) доволі широкі – від доставки вантажів, моніторингу дорожньої ситуації до проведення атмосферних і метеорологічних спостережень. Також їх можна використовувати для оперативного або цілодобового моніторингу стану технологічних об'єктів, у тому числі залізничних доріг, та залізничної інфраструктури [3, 4].

Безумовно, що в такому контексті застосування БПЛА найбільш прийнятне для силовиків. Між, тим, вродовж багатьох років неодноразово робилися спроби обладнати БПЛА для потреб цивільного аерознімання. Проте ефективно використати БПЛА за таким призначенням вдалось не всім виробникам, що дало значні перепони у впровадженні цих систем [3-7].

У будь-якому контексті взаємодії авіаційного та залізничного транспорту залишається актуальним питання надійності електропостачання об'єктів відповідної інфраструктури.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Авторами [1, 2] визначено ряд пріоритетних напрямків розвитку транспортної галузі на теренах України. Науковці [3-7] розкривають сучасні аспекти впровадження та використання безпілотних літальних апаратів у взаємодії з іншими видами транспорту. У вказаних працях [3-7] також розкриваються питання безпеки на залізничному транспорті та взаємодії залізничного транспорту з авіаційним.

Результати досліджень [8-12] свідчать про актуальність та загальносвітову трендовість впровадження розосереджених джерел електричної енергії, у тому числі на базі відновлювальних джерел енергії в системи електропостачання. Крім того у дослідженнях [8, 9] вказується на важливість стимулювання розвитку на модернізації систем енергозабезпечення, в аспектах декарбонізації та інтелектуалізації. У свою чергу, науковці [10-12] у своїх наукових творах описали результати наукових досліджень щодо під'єднання джерел розосередженої генерації до загальної електричної мережі у тому числі в умовах промислових підприємств. Також авторами [10-12] було досліджено аспекти побудови систем керування системами електропостачання з використанням джерел розосередженої генерації. Усе це дозволяє стверджувати, що у сучасних реаліях, особливо на теренах України, є актуальною науково-практична задача розбудови систем енергозабезпечення авіаційних підприємств з урахуванням впровадження до їх систем енергозабезпечення джерел розосередженої генерації.

Між тим, залишається до кінця не вивченим питання забезпечення розвитку мультимодальних транспортних технологій шляхом стимулювання взаємодії різних видів транспорту, особливо в енергетичному аспекті.

Метою статті є – висвітлення запропонованого авторами бачення щодо вдосконалення існуючих систем електропостачання та інтелектуалізації залізничної інфраструктури для підтримання достатньо високого рівня безпечної взаємодії залізничного та авіаційного транспорту.

Матеріал та результати досліджень. Світове споживання енергоресурсів щорічно зростає. При цьому стрімко зростає частка електроенергії, котра вже наближається до 50% загального споживання енергії. За прогнозами, споживання енергії має тенденцію до подальшого збільшення. Водночас, з 2022 року, у зв'язку з бойовими діями на території України та зношеністю обладнання генеруючих установок, обсяги виробництва електроенергії в Україні поступово зменшуються. За нинішнього явного дисбалансу виробництва електроенергії та необхідного обсягу споживання електричної енергії неминучий дефіцит електричної енергії, що може призвести до енергетичної кризи. Запобігти кризовим явищам в енергетичній галузі України на

сьогоднішній день можливо шляхом нарощування джерел розосередженої генерації електричної енергії, котрі мають великий потенціал впровадження та ресурсну базу.

Загальним підходом до вирішення поставлених завдань в аспекті інтелектуалізації в Україні та світі є подальше підвищення технічної досконалості та надійності функціонування систем автоматичного управління на залізничному транспорті та впровадження нових принципів та засобів їх побудови, широкого застосування мікропроцесорної техніки, сучасних інформаційних технологій.

Однією із перспективних варіантів взаємодії видів транспорту є взаємодія залізничного та авіаційного транспорту у різних аспектах та має перспективи подальшого розвитку взаємодії.

Отже, залізничний транспорт – перспективна сфера застосування нових можливостей, що надаються БпЛА.

Однак, передчасно думати, що настільки широке поле застосування БпЛА повністю відкрито, варто не лише розробити апарати та обладнання, здатні виконувати завдання із моніторингу протяжних залізничних перегонів. Освоєння БпЛА для використання на залізничному транспорті вимагає цілого ряду специфічних витрат часу і коштів, обумовлених принциповою новизною відповідних напрямів роботи.

Перш за все, необхідний розвиток нормативно правової бази, що регламентує застосування БпЛА на залізничному транспорті, забезпечення необхідного рівня безпеки польотів, адже від загального обсягу перевезень вантажів залізничним транспортом близько 15% становлять небезпечні вантажі (вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, хімічні та інші речовини) [3].

Слід підкреслити, що повітряне патрулювання лише забезпечує моніторинг, оперативне виявлення несанкціонованого втручання на об'єктах залізничної інфраструктури і їх локалізацію. З економічної точки зору патрулювання об'єктів залізничної інфраструктури має важливу характерну особливість. З одного боку, чим більше здійснюється польотів, тим більші витрати на організацію моніторингу та патрулювання. З іншого – підвищення інтенсивності моніторингу та патрулювання особливо проблемних та аварійних ділянок залізничних перегонів може сприяти скороченню очікуваних збитків від завдання шкоди залізничній інфраструктурі та пришвидшення реагування на аварійні ситуації [9].

Ще одним не менш важливим прикладом взаємодії залізничного та авіаційного транспорту є перевезення вантажів з використанням БпЛА. Такий підхід до взаємодії, має покращити та пришвидшити доставку вантажу, котрий перевозиться залізничним транспортом.

Слід зауважити, що БпЛА повинні мати можливість підзаряду. У випадку взаємодії із залізничним транспортом, враховуючи його електрифікацію, можливо встановити станції підзарядки БпЛА за рахунок інтеграції до системи енергозабезпечення залізничної інфраструктури.

Між тим в аспекті декарбонізації, на сьогодні визначені основні напрямки інтеграції розосереджених енергоресурсів, організації активної участі споживачів та створення нових інфраструктур, одним з прикладів яких є система Micro Grid, побудована на основі вузлів розосередженої генерації та з використанням синергетичного підходу до розбудови розподільчих мереж підприємств. Розглядаючи Micro Grid як концепцію функціональності та рівня класифікації енергосистем різного технічного та когнітивного наповнення, можна стверджувати, що у XXI столітті Micro Grid набула статусу ідеології, яка домінує в енергетиці [8].

У зв'язку з тим, що потужність джерел у системах розосередженої генерації співставна з потужністю навантажень, а сучасне обладнання це в основному нелінійні навантаження, то у системі наявні нелінійні спотворення відхилення параметрів струму і відповідно напруги та зсуву фаз між струмом і напругою. Забезпечення ефективної роботи всієї системи передбачає відбір максимальної енергії від джерел розосередженої генерації, яка забезпечується компенсацією нелінійних відхилення параметрів струму, формуванням активного характеру навантаження та забезпеченням відповідного кута навантаження. Ці проблеми вирішуються на основі сукупності різноманітних пристроїв перетворювальної техніки, таких як регулятори, стабілізатори, компенсатори та ін. [9].

Оскільки, при впровадженні комбінованого електропостачання велика кількість можливих конфігурацій, то буде актуальним описування цих конфігурацій у вигляді тензора. Тензор електропостачання від локальних енергетичних систем (ЛЕС) з використанням ДРГ представлено у вигляді:

$$B_{i \Sigma PP}^k = \sum_{i=1}^{k=4} S_i^k t^i = \begin{pmatrix} S_1^1 t^1 & S_2^1 t^2 & S_3^1 t^3 & S_4^1 t^4 & S_5^1 t^5 \\ S_1^2 t^1 & S_2^2 t^2 & S_3^2 t^3 & S_4^2 t^4 & S_5^2 t^5 \\ S_1^3 t^1 & S_2^3 t^2 & S_3^3 t^3 & S_4^3 t^4 & S_5^3 t^5 \\ S_1^4 t^1 & S_2^4 t^2 & S_3^4 t^3 & S_4^4 t^4 & S_5^4 t^5 \end{pmatrix}$$

де, k – варіанти електропостачання, i – джерела постачання ЕЕ, S_i^k – потужність i -го джерела ЕЕ в k -му варіанті електропостачання, t^i – час електропостачання від i -го джерела ЕЕ, S^k – варіант електропостачання ЕЕ, S_1 – електромережа, S_2 – вітроелектростанція, S_3 – сонячна фотоелектростанція, S_4 – інші джерела електроенергії, S_5 – акумулятори.

Перший рядок відображає сумарне постачання ЕЕ від ЛЕС на базі ДРГ за 1-м варіантом.

Другий рядок відображає сумарне постачання ЕЕ від ЛЕС на базі ДРГ за 2-м варіантом.

Третій рядок відображає сумарне постачання ЕЕ від ЛЕС на базі ДРГ за 3-м варіантом.

Четвертий рядок відображає сумарне постачання ЕЕ від ЛЕС на базі ДРГ за 4-м варіантом.

Згідно правила додавання:

$$B_{i \Sigma PP}^k = S_i^k t^i,$$

де, k – варіанти електропостачання (1, 2, 3, 4), i – джерела постачання ЕЕ (1 – S_1 – електромережа, 2 – S_2 – вітроелектростанція, 3 – S_3 – сонячна фотоелектростанція, 4 – S_4 – інші джерела електроенергії, 5 – S_5 – акумулятори).

Враховуючи результати ряду попередніх досліджень, широкого розповсюдження набули асинхронні генератори у складі ВЕС, так, як вони мають ряд переваг: краще захищені від попадання бруду і вологи, більш стійкі до короткого замикання і перевантажень, а вихідна напруга асинхронного електрогенератора відрізняється меншим ступенем нелінійних спотворень. Це дозволяє використовувати асинхронні генератори не тільки для живлення промислових пристроїв, які не критичні до форми вхідної напруги, але й підключати до них електронну техніку. До переваг асинхронного генератора також відносять низький клірфактор (коефіцієнт гармонік), що характеризує кількісну наявність у вихідній напрузі генератора вищих гармонік. Вищі гармоніки викликають нерівномірність обертання і небажаний нагрів електромоторів. У синхронних генераторів можна спостерігати величину клірфактора до 15%, а клірфактор асинхронного електрогенератора не перевищує 2% [12].

Ще однією перевагою асинхронного електрогенератора є те, що в ньому повністю відсутні обертові обмотки і електронні деталі, які чутливі до зовнішніх впливів і досить часто схильні до пошкоджень. Тому асинхронний генератор більш стійкий в роботі і менше схильний до зносу і може служити дуже довго.

Як відомо, якість електричної енергії характеризується сукупністю властивостей електричної енергії, які обумовлюють придатність її для нормальної роботи електроприймачів відповідно до їх призначення при розрахунковій працездатності [12].

Показники якості електричної енергії (ПЯЕ) - поділяються на дві групи: основні і додаткові.

Основні ПЯЕ визначають властивості електричної енергії, які характеризують її якість. Додаткові ПЯЕ представляють собою форми записи основних ПЯЕ, використовувані в нормативно-технічних документах.

До основних ПЯЕ відносяться: відхилення напруги δU , розмах зміни напруги δU_t , доза коливань напруги Ψ , коефіцієнт несинусоїдальності кривої напруги k_{nsU} , коефіцієнт ν -ої гармонійної складової $K_{U(\nu)}$, коефіцієнт зворотньої послідовності напруги K_{2U} , коефіцієнт нульової послідовності напруги K_{0U} , відхилення частоти Δf , тривалість провалу напруги Δt_p , імпульсна напруга U_{ipn} [8-9].

До додаткових ПЯЕ відносяться: коефіцієнт амплітудної модуляції K_{mod} , коефіцієнт небалансу міжфазних напруг K_{neb} , коефіцієнт небалансу фазних напруг $K_{neb.f}$.

Таким чином якість ЕЕ в запропонованій системі електропостачання можна описати за допомогою тензора через суму тензорів:

$$\begin{aligned} \prod_{jiq}^k &= \sum_{k,j=1}^{k,j=4} (a_j^k \delta U^j + b_j^k \delta U_i^j + c_j^k \Psi^j + d_j^k U_{imp}^j) + \\ &\sum_{k,i=1}^{k,i=4} (a_i^k k_{nsU}^i + b_i^k k_{U(\nu)}^i + c_i^k k_{2U}^i + d_i^k k_{0U}^i) + \\ &\sum_{k,q=1}^{k,q=4} (a_q^k k_{mod}^q + b_q^k k_{neb}^q + c_q^k k_{neb.f}^q + d_q^k \Delta t_p^q) \end{aligned}$$

або в спрощеному вигляді, враховуючи правило додавання, знак суми можна опустити і записати у вигляді:

$$\prod_{jiq}^k = A_j^k + B_i^k + C_q^k$$

Слід зазначити, що впровадження ДРГ в структури систем електропостачання транспортних підприємств та об'єктів критичної інфраструктури не матиме суттєвих негативних наслідків в аспекті погіршення якості електричної енергії.

На рис. 1 подано рекомендований варіант інтелектуальної системи електропостачання. Він містить в собі: блок відновлювальних джерел електричної енергії (де ВЕС – вітроенергетична станція, СЕС – сонячна енергетична станція, та інші види джерел електричної енергії (ЕУ)); блок системи керування (СК Smart); блок мережа; блок погоджуючого пристрою (ПП – блок погоджуючого пристрою джерела енергії; РП – розподільчий пристрій, ПП споживачів – блок погоджуючого пристрою споживачів), К, КМ – елементи керованих комутаторів, І – Інвертор, Блок Internet, АКБ – блок акумуляторних батарей; АС – активний споживач, БД – блоки датчиків, блок управління комутації.

Інтелектуальна система працює наступним чином в блоці відновлювальних джерел електричної енергії присутні декілька видів відновлювальних джерел електричної енергії кожна з яких має свій блок датчиків, які з'єднанні з погоджуючим пристроєм, а погоджуючий пристрій з'єднаний з системою керування на базі концепції Smart Grid.

Система має традиційне джерело живлення а також альтернативні до яких входять ДРГ на базі ВЕС, СЕС, та інші види джерел розосередженої генерації електричної енергії, тобто є можливість споживати електричну енергію від відновлювального джерела або від мережі.

Кожний активний споживач має в собі блок датчиків виходи якого з'єднанні з погоджуючим пристроєм споживача, який з'єднаний з системою керування. Тобто, дана система може самостійно вибирати яке джерело ЕЕ є найбільш вигідним за рядом критеріїв, перерахованих раніше.

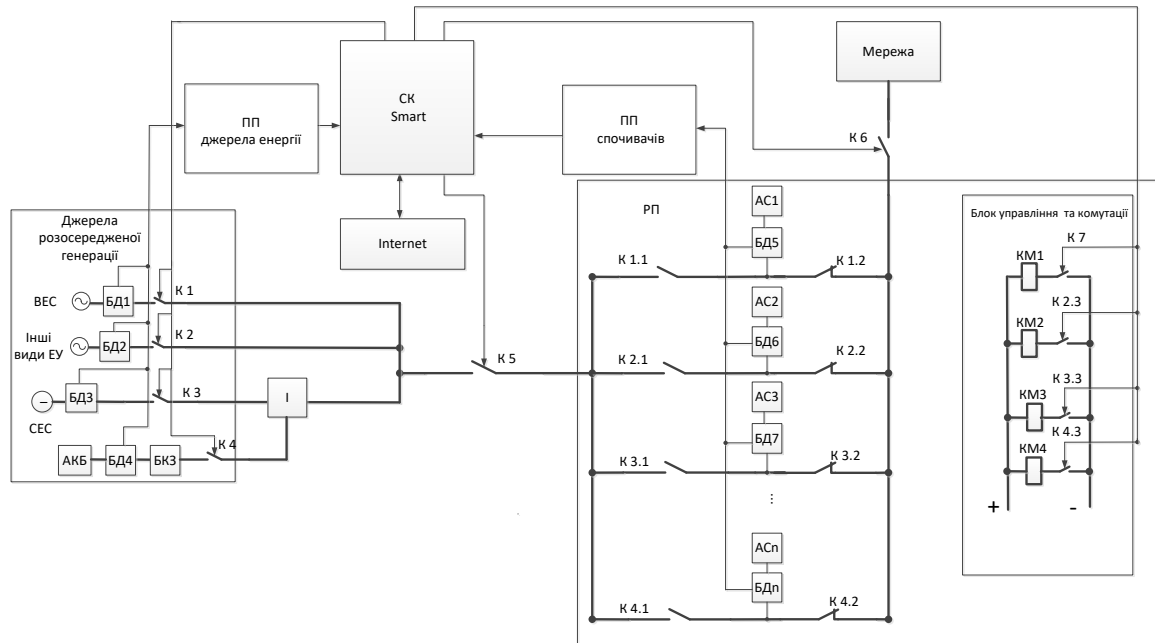


Рис. 1. Інтелектуальна система електропостачання транспортних підприємств та об'єктів інфраструктури

Таким чином, беручи до уваги наведені раніше результати досліджень, щодо можливості впровадження ДРГ в умовах промислових підприємств [12], та наведених результатів досліджень, можна зазначити актуальність та наявність підґрунтя для впровадження активного споживання електричної енергії за концепцією Smart Grid в умовах транспортних підприємств. Такий підхід до реконфігурації електричних мереж залізничної інфраструктури дасть можливість впроваджувати та ефективно взаємодіяти БПЛА із залізничним транспортом.

Висновки

1. Запропоноване авторами бачення щодо вдосконалення існуючих систем електропостачання в аспекті декарбонізації та інтелектуалізації залізничної інфраструктури має на меті підтримання достатньо високого рівня безпечної взаємодії залізничного з іншими видами транспорту у тому числі авіаційного транспорту.
2. Підвищення рівня безпеки на залізничному транспорті досягається за рахунок впровадження нових технологій з метою моніторингу стану залізничної інфраструктури шляхом впровадження безпілотних літальних апаратів.

Література

1. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т2. – 216 с.
2. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112.
3. Бойко С.М., Ножнова М.О., Журід В.І., Олійник Ю.Л., Ємець В.В. До питання льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів в залежності від сфери їх впровадження Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 31 (70) № 6 2020– С. 12-16.
4. Барабан М. В. Моделювання системи доставки об'єктів безпілотними авіаційними засобами / М. В. Барабан, О. М. Бевз, Я. А. Кулик // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2018. - № 3. – С. 54-63.
5. Мироненко В. К. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у ліквідації наслідків залізничних транспортних подій / В. К. Мироненко, П. В. Лапін // Залізничний транспорт України. - 2015. - № 4. - С.43-48.
6. Музикіна С. І. Аналіз безпеки руху під час перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті / С. І. Музикіна // Вісник Академії митної служби України. Серія : Технічні науки. – 2014. – № 1. – С. 135-139
7. Матійчик М.П. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації / Матійчик М.П., Качало І.А // Матеріали XI міжнародної наук.-техн. конфер. "АВІА 2013". – 2013. – С. 97.
8. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. // Сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України: [Електронний ресурс]: <http://mpe.kmu.gov.ua>.

9. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. та ін. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року // К.: Вид. Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. 275 с.
10. Кирик В.В. Дослідження впливу джерел розподіленої генерації на режим роботи електричної системи / В.В.Кирик, О.С.Губатюк, В.І.Моссаковський. // Матеріали XIV Міжнар. конф. «Відновлювана енергетика XXI століття». – Крим, 2013. – С. 141–143.
11. Yu P. A new method for balancing the fluctuation of wind power by a hybrid energy storage system / [P.Yu, W.Zhou, Y.Zhao and oth.] // Information Technology Journal. – 2012. – Vol.11(1). – P. 58–66.
12. Бойко С.М. Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації гірничорудних підприємств. Монографія, під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2020. – 263 с.

References

1. Naukovo-tehnichni doslidzhennia u haluzi transportu: kolektyvna monohrafiia / za zah. red. D.V. Lomotka. – Akademiia tekhnichnykh nauk Ukrainy. – Ivano-Frankivsk: Vydavets Kushnir H.M. – 2022. T2. – 216 s.
2. Intelektualni transportni systemy v Ukraini / A. R. Haikov, O. P. Yevsieieva, O. V. Baranov, V. Yu. Baranov // Visnyk Nats. tekhn. un-tu "KhPI" : zb. nauk. pr. Temat. vyp. : Avtomobile- ta traktorobuduvannia. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2014. – № 9 (1052). – S. 106-112.
3. Boiko S.M., Nozhnova M.O., Zhurid V.I., Oliinyk Yu.L., Yemets V.V. Do pytannia lotnoi ekspluatatsii bezpilotnykh litalnykh aparativ v zalezhnosti vid sfery yikh vprovadzhenia Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky. Tom 31 (70) № 6 2020– S. 12-16.
4. Baraban M. V. Modeliuvannia systemy dostavky ob'ektiv bezpilotnykh aviatsiinykh zasobamy / M. V. Baraban, O. M. Bezv, Ya. A. Kulyk // Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia. – 2018. - № 3. – S. 54-63.
5. Myronenko V. K. Perspektyvy vykorystannia bezpilotnykh litalnykh aparativ u likvidatsii naslidkiv zaliznychnykh transportnykh podii / V. K. Myronenko, P. V. Lapin // Zaliznychnyi transport Ukrainy. - 2015. - № 4. - S.43-48.
6. Muzykina S. I. Analiz bezpeky rukhu pid chas perevezennia nebezpechnykh vantazhiv na zaliznychnomu transporti / S. I. Muzykina // Visnyk Akademii mytnoi sluzhby Ukrainy. Seriia : Tekhnichni nauky. – 2014. – № 1. – S. 135-139
7. Matiichyk M.P. Tendentsii zastosuvannia bezpilotnykh povitrianykh suden v tsyvilnii aviatsii / Matiichyk M.P., Kachalo I.A // Materialy XI mizhnarodnoi nauk.-tekhn. konfer. "AVIA 2013". – 2013. – S. 97.
8. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 r. // Sait Ministerstva enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy: [Elektronnyi resurs]: <http://mpe.kmu.gov.ua>.
9. Stohnii B.S., Kyrylenko O.V., Prakhovnyk A.V., Denysiu S.P. ta in. Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsionalnoi ekonomiky na period do 2020 roku // K.: Vyd. In-tu elektrodynamiky NAN Ukrainy, 2011. 275 s.
10. Kyryk V.V. Doslidzhennia vplyvu dzherel rozpodilenoї heneratsii na rezhym roboty elektrychnoi systemy / V.V.Kyryk, O.S.Hubatiuk, V.I.Mossakovskiy. // Materialy XIV Mizhnar. konf. «Vidnovliuvana enerhetyka KhKhI stolittia». – Krym, 2013. – S. 141–143.
11. Yu P. A new method for balancing the fluctuation of wind power by a hybrid energy storage system / [P.Yu, W.Zhou, Y.Zhao and oth.] // Information Technology Journal. – 2012. – Vol.11(1). – P. 58–66.
12. Boiko S.M. Teoretichni zasady formuvannia elektroenerhetychnykh system z dzherelamy rozoseredzhenoi heneratsii hirnichorudnykh pidpriemstv. Monohrafiia, pid redaktsiieiu doktora tekhn. nauk, profesora O.M. Sinchuka. – Kremenchuk, 2020. – 263 s.